PROCESSI DI PRODUZIONE E ADVANCED MANUFACTURING ISIA-Firenze

Prof. Ing. Francesca Parotti PhD

www.francescaparotti.it

Materiali Cromogenici

I materiali cromici (o cromogenici) cambiano colore se sottoposti a cambiamenti termici, ottici o elettrici etc.

Esempi comuni sono lo schermo a cristalli liquidi, gli occhiali che si scuriscono se esposti alla luce solare. I ferrofluidi cambiano la forma se esposti a campi magnetici.

- L'esplorazione delle possibilità che permettono di ottenere variabilità della trasparenza ha avuto origine verso la fine del 1870, ma le ricerche hanno dato dei risultati industrialmente applicabili solo di recente. Ne è nata una specifica denominazione introdotta da Lambert e Granqvist1, massimi studiosi del fenomeno, che con il termine "cromogenics" definisce i materiali che sono in grado di cambiare le proprie caratteristiche ottiche in risposta a stimoli esterni.

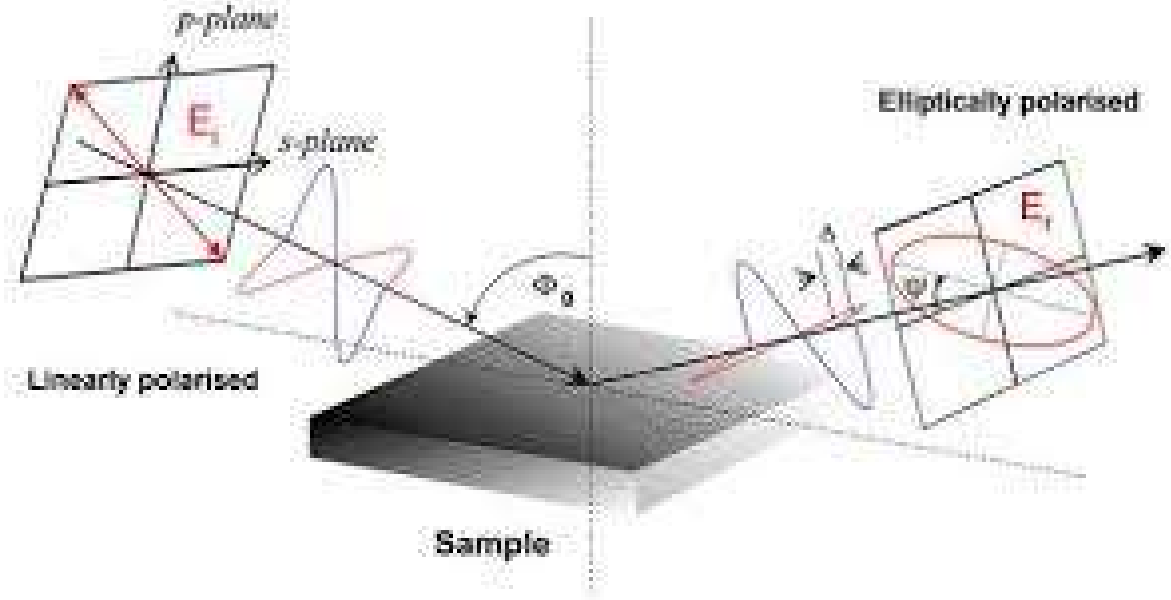
- Per mezzo di particolari proprietà fisico-chimiche, un materiale trasparente cromogenico può variare in modo consistente il comportamento ottico a seconda se a variare sia l'intensità e la distribuzione spettrale della luce o la temperatura o il flusso di un campo elettrico. Questi tipi di variazione consentono una trasformazione di stato del materiale che riesce a passare da elemento altamente trasmittente a parzialmente riflettente fino ad assorbire tutto lo spettro del campo solare o del visibile.



Solid Poetry: Il progetto è stato sviluppato dai **designer Susanne Happle e Frederik Molenschot** del **gruppo Droog Design** in collaborazione con la Terratorium, azienda olandese che produce e lavora ceramiche e pietre naturali.

- Nell'ambito della trasparenza trasformista sono da classificare come materiali cromogenici i dispositivi ad alta capacità osmotica delle qualità ottiche raggruppabili orientativamente in quattro tipologie:

FOTOCROMICI
TERMOCROMICI
A CRISTALLI LIQUIDI
ELETTROCROMICI.



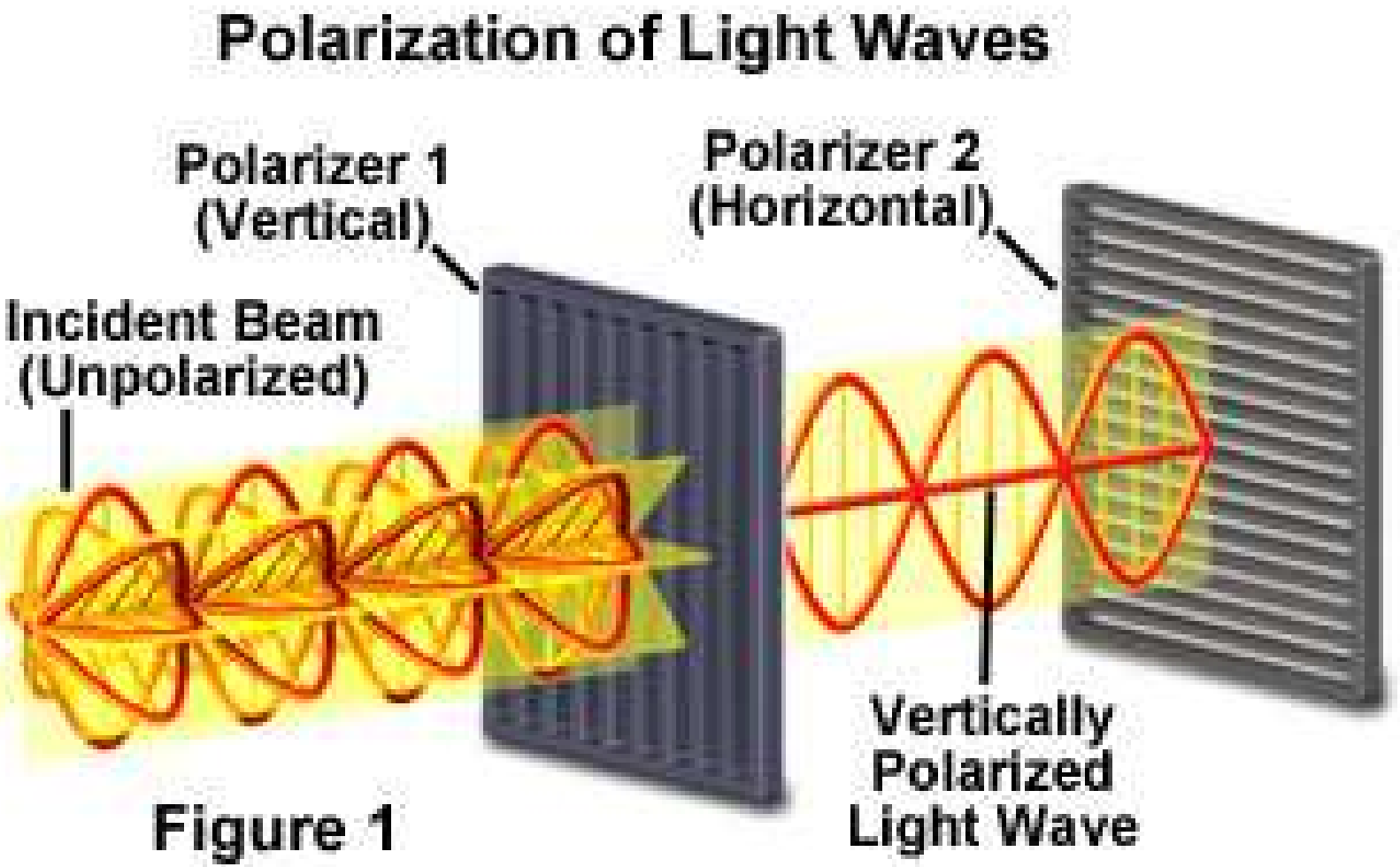

Polarization of Light Waves
Polarizer 1
(Vertical)
Polarizer 2
(Horizontal)
Incident Beam
(Unpolarized)
Vertically
Polarized
Light Wave

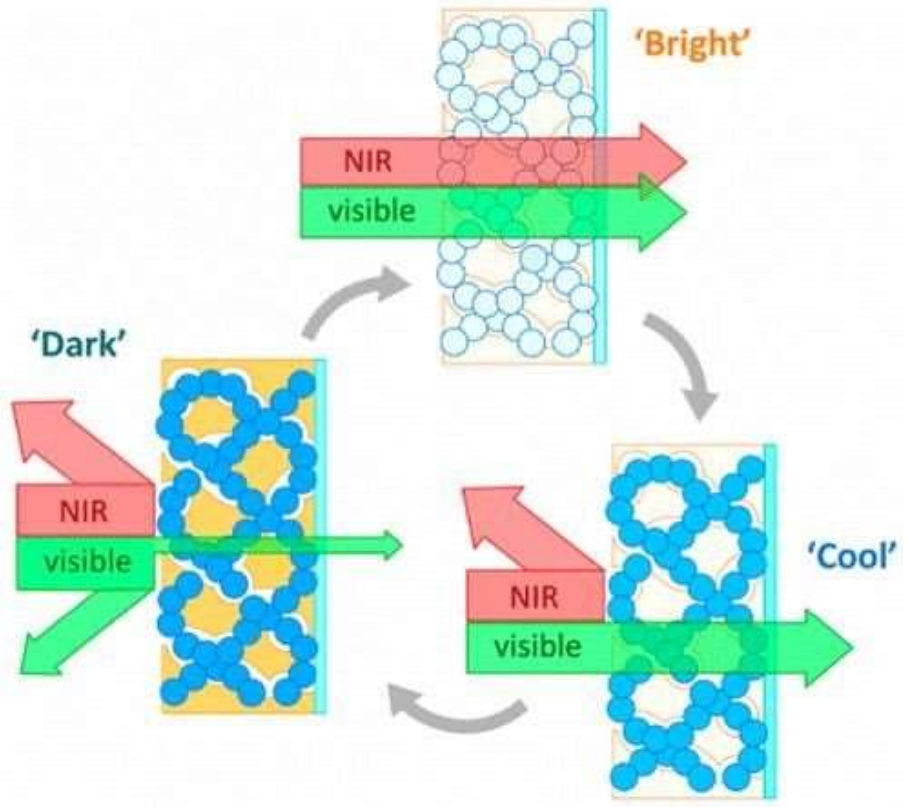
Figure 1

Sono, per il loro funzionamento, distinguibili in due categorie:

- non attivati elettricamente, di cui fanno parte i fotocromici e i termocromici in quanto autoregolanti;
- attivati elettricamente, di cui fanno parte quelli a cristalli liquidi e gli elettrocromici regolabili su volontà dell'utente.

Vetro elettrocromico

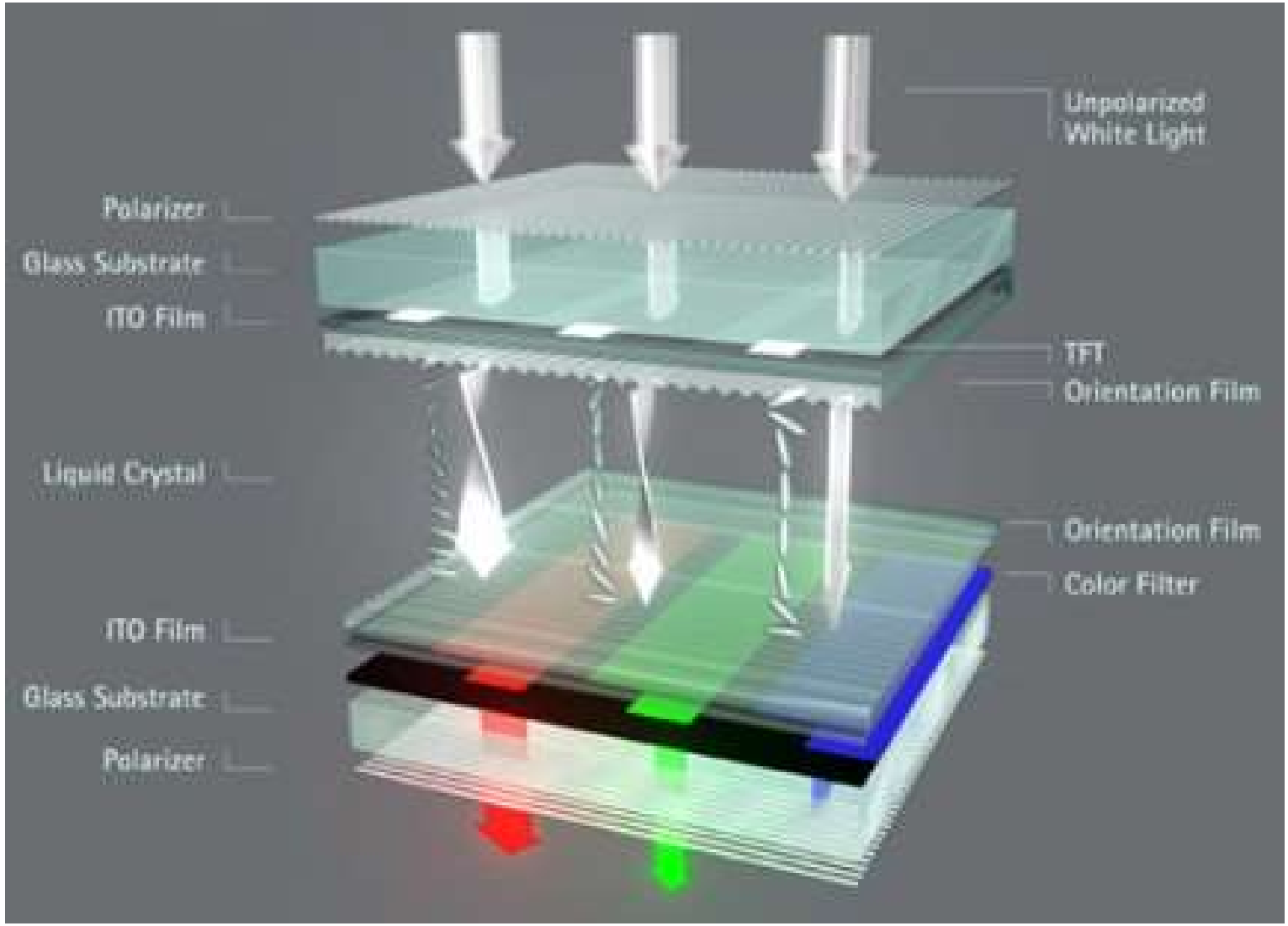
In questa tipologia di vetri si ha una diminuzione della trasmissione luminosa grazie all'applicazione di una tensione a basso voltaggio. Quest'ultima, infatti, causa una reazione chimica che dà origine alla colorazione grigia fino al completo oscuramento. In ogni caso l'elettricità viene sfruttata solamente nelle fasi di transizione. Si utilizza perciò nel passaggio dallo stato trasparente a quello oscurato e viceversa.

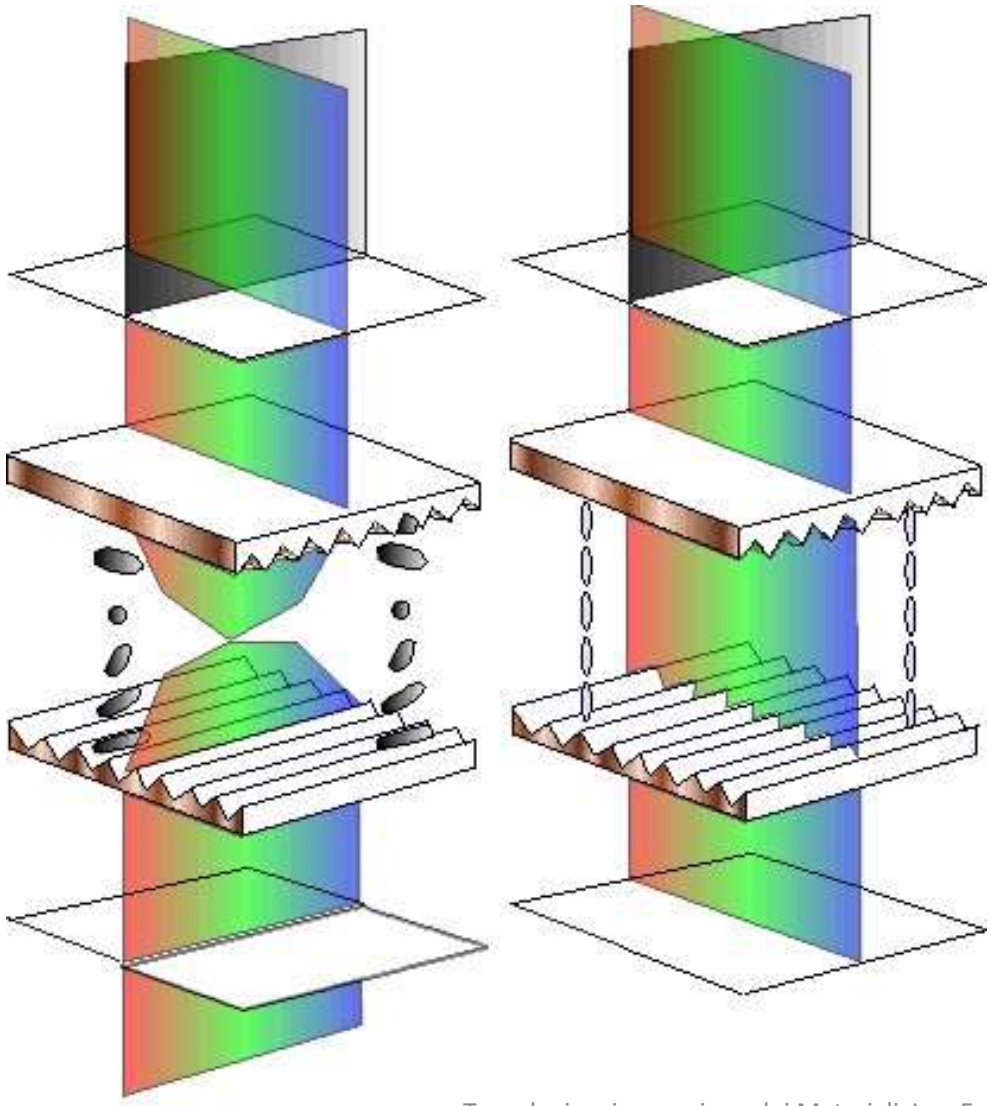


vetri capaci di bloccare la luce visibile, la prima luce infrarossa (ad onda molto corta; NIR o near-infrared radiation) od entrambe.
Per ottenere questo tipo di comportamento fu sfruttata l'interazione di due materiali altamente conduttivi: i nano cristalli di ossido di indio e stagno e una matrice vetrosa di ossido di niobio.
Il materiale così ideato fu detto elettrocromico perché in grado di trasmettere o bloccare la radizione luminosa sulla base del potenziale elettrico applicato.

MATERIALI ELETTROCROMICI INORGANICI		MATERIALI ELETTROCROMICI ORGANICI	
a) Catodici (colorazione per riduzione; reazione tipo: $WO_3 + xH^+ + xe^- <--> H_x WO_3$)		Tipo	Colore acquisito
Materiale	Colore acquisito	Viologeni	Trasparente <–> Blu, viola, rosso
Ossido di tungsteno (WO_3)	Trasparente <–> Blu	Polimeri: polianilina	Trasparente <–> Verde, blu, porpora
Ossido di molibdeno (MoO_3)	Giallo <–> Grigio – Porpora	Polimeri: polipirrolo	Giallo <–> Marrone
Ossido di titanio (TiO_2)	Trasparente <–> Blu	Polimeri: politiofene	Rosso <–> Blu
Ossido di niobio (Nb_2O_5)	Trasparente <–> Bronzo	Polimeri: poliisotianofene	Nero <–> Trasparente
Ossido di vanadio (V_2O_5)	Giallo <–> Blu, verde nero	Antraquinoni	Rosso <–> Blu, verde
b) Anodici (colorazione per ossidazione; reazione tipo: $Ni(OH)_2 <--> NiOOH + H^+ + e^-$)		Diftalocianine	Verde <–> Rosso, viola, blu, giallo
Ossido di nickel (NiO)	Trasparente <–> Bronzo	Tetrafiafulvatene	Giallo <–> Verde, porpora
Ossido di iridio (IrO_x)	Trasparente <–> Nero	Pirazolina	Giallo <–> Giallo, blu verde
Ossido di rodio (Rh_2O_3)	Giallo <–> Verde, marrone, porpora		
Ossido di cobalto (CoO_x)	Rosso <–> Porpora, grigio, nero		

- L'LCD è basato sulle proprietà ottiche dei cristalli liquidi. Tale liquido è intrappolato fra due superfici vetrose provviste di numerosissimi contatti elettrici con i quali poter applicare un campo elettrico al liquido contenuto. Ogni contatto elettrico comanda una piccola porzione del pannello identificabile come un pixel (o subpixel per gli schermi a colori), pur non essendo questi ultimi fisicamente separati da quelli adiacenti come avviene invece in uno schermo al plasma. Sulle facce esterne dei pannelli vetrosi sono poi posti due filtri polarizzatori disposti su assi perpendicolari tra loro. I cristalli liquidi torcono di 90° la polarizzazione della luce che arriva da uno dei polarizzatori, permettendole di passare attraverso l'altro.


Unpolarized
White Light
Polarizer
Glass Substrate
ITO Film
TFT
Orientation Film
Liquid Crystal
Orientation Film
Color Filter
ITO Film
Glass Substrate
Polarizer



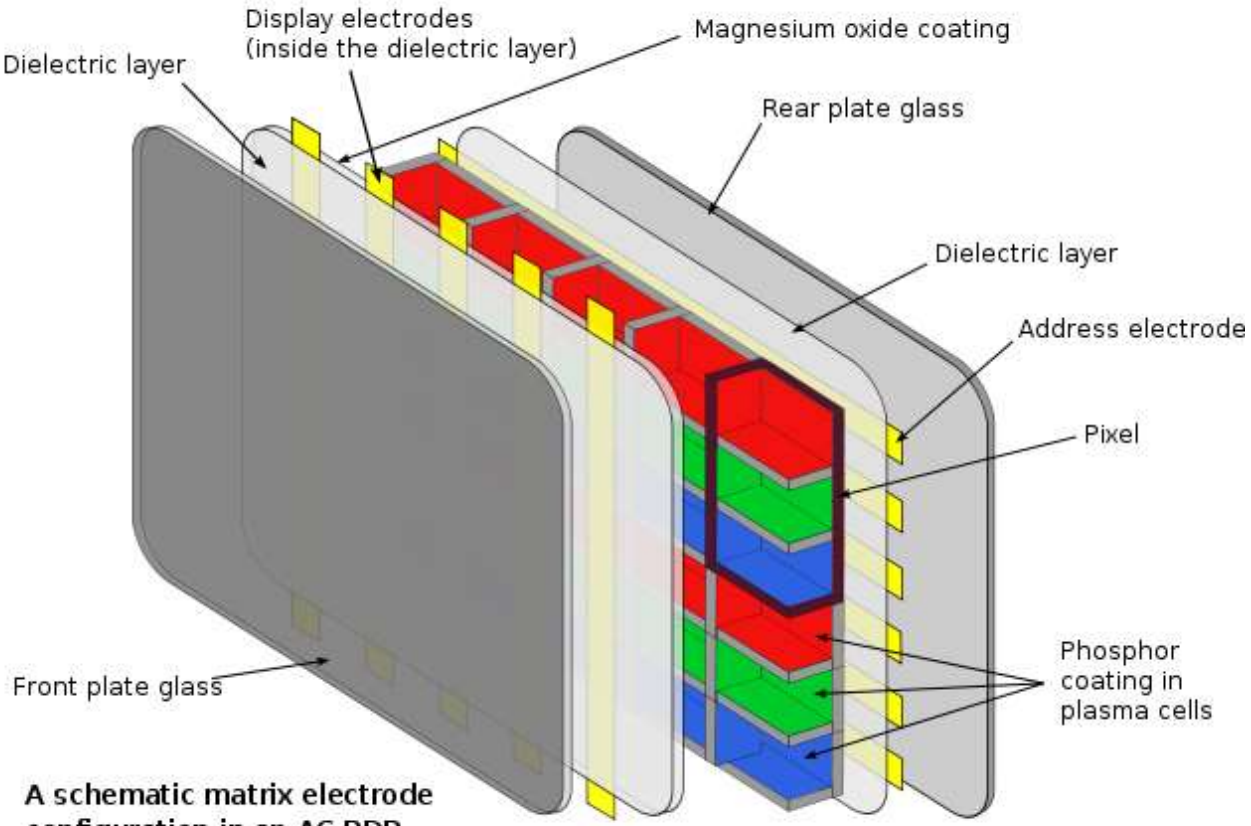
Prima che il campo elettrico sia applicato, la luce può passare attraverso l'intera struttura, e, a parte la porzione di luce assorbita dai polarizzatori, l'apparecchio risulta trasparente. Quando il campo elettrico viene attivato le molecole del liquido si allineano parallelamente al campo elettrico, limitando la rotazione della luce entrante

Gli schermi LCD possono essere usati in due modalità denominate *trasmissivo* e *riflettivo*. Gli schermi di tipo *trasmissivo* sono illuminati da un lato e vengono visti dall'altro. In pratica una luce viene posizionata sul retro dello schermo e i cristalli liquidi agiscono da filtro facendo passare solo la componente cromatica desiderata. In questo modo si ottengono schermi molto luminosi

Gli schermi LCD di tipo *riflettivo* usano la luce presente nell'ambiente che viene riflessa da uno specchio posto dietro lo schermo. Questo schermo ha un contrasto più basso rispetto al LCD *transmissive*, infatti la luce è costretta a passare due volte attraverso il filtro. Il vantaggio principale di questo tipo di schermo è che l'assenza di una fonte di luce artificiale mantiene i consumi energetici molto bassi. Basta una piccola cella fotovoltaica per alimentari

TECNOLOGIA AL PLASMA

- I gas di xeno e neon in un televisore al plasma sono contenuti in centinaia di migliaia di piccole celle posizionate tra due pannelli di vetro. Anche dei lunghi elettrodi vengono inseriti tra i pannelli di vetro, davanti e dietro le celle. Gli elettrodi di indirizzamento sono dietro le celle, lungo il pannello di vetro posteriore. Gli elettrodi trasparenti dello schermo, che sono circondati da materiale dielettrico isolante e coperti di uno strato protettivo in ossido di magnesio, sono montati davanti alle celle, lungo il vetro anteriore. La circuiteria di controllo carica gli elettrodi che si incrociano ad una cella, creando una differenza di potenziale tra davanti e dietro provocando la ionizzazione dei gas e la formazione di plasma; quando gli ioni del gas si dirigono verso gli elettrodi e collidono vengono emessi dei fotoni.

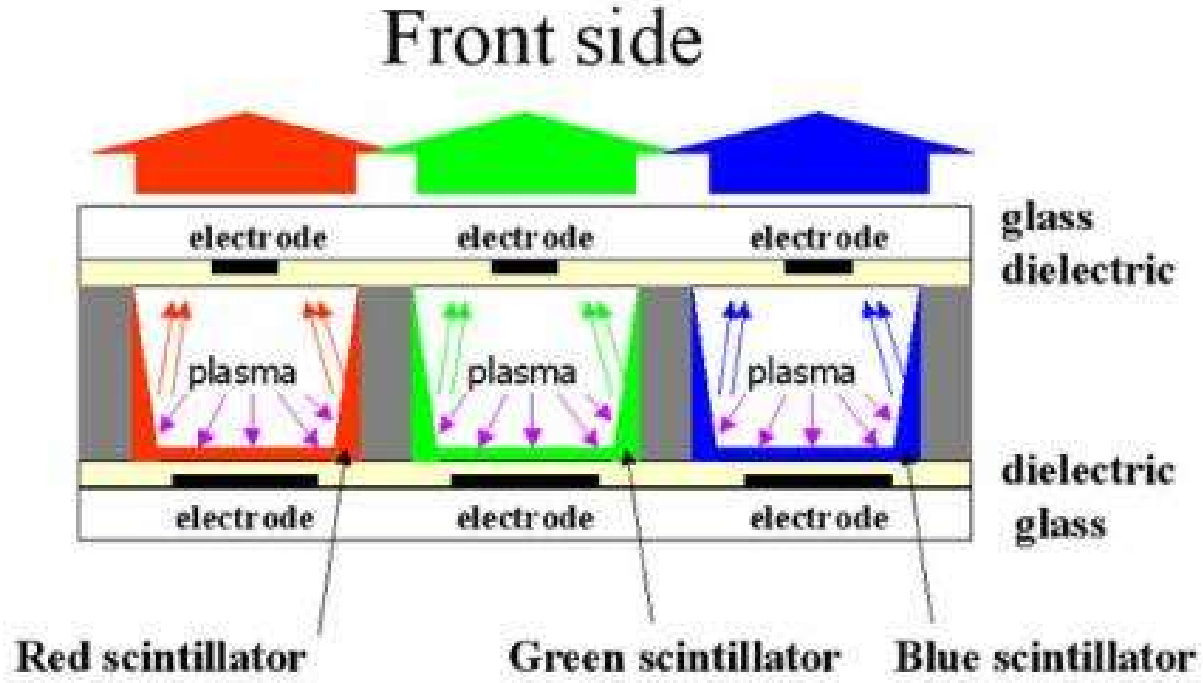


A schematic matrix electrode configuration in an AC PDP

I monitor al plasma vengono impiegati per realizzare display di grandi dimensioni (fino a 50 pollici), utilizzati per applicazioni professionali; la tecnologia al plasma si basa sulle proprietà dei gas nobili.

Visto in sezione, uno schermo al plasma è spesso appena 6 millimetri, di cui 100 micron (1 milionesimo di millimetro) sono occupati da una matrice suddivisa in celle chiuse tra due lastre di vetro. Ogni cella lavora in modo autonomo ed è separata dalle altre; la miscela gassosa presente nelle celle, sollecitata da un impulso elettrico, passa allo stato di plasma producendo un'emissione di raggi ultravioletti, che permette alla cella di illuminarsi riproducendo la gamma cromatica delle immagini.

- Ogni pixel è fatto di tre sottocelle separate, ognuna con fosfori di diversi colori. Una sottocella ha il fosforo per la luce rossa, una per la luce verde e l'altra per la luce blu. Questi colori si uniscono assieme per creare il colore totale del pixel.
- La durata di uno schermo al plasma di ultima generazione è stimata in 100 000 ore (11 anni, 4 mesi di uso costante ed ininterrotto, ovvero 34 anni con 8 ore di utilizzo al giorno).



I materiali halocromici

sono materiali di largo utilizzo che cambiano colore in base all'acidità. Un utilizzo frequente è la produzione di vernici che cambiano colore quando il materiale che ricoprono si sta corrodendo

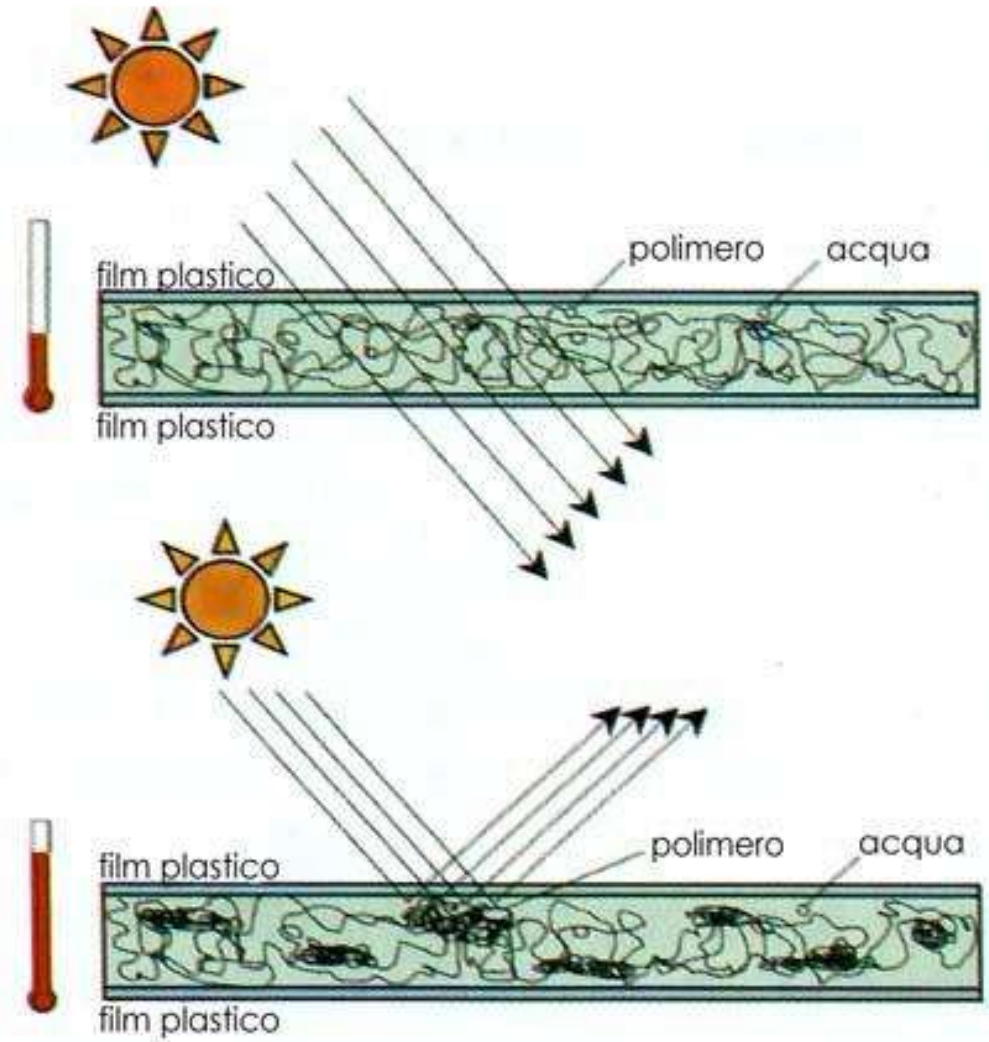


Sostanza	pH
Acido Cloridrico, 1M	0
Batteria acida	1,5
Succo gastrico	1,5-2,0
Succo di Limone	2,4
Coca Cola	2,5
Aceto	2,9
Succo di arancia o mela	3,5
Birra	4,5
Pioggia acida	< 5,0
Caffè	5
Tè o pelle sana	5,5
Latte normale	6,65-6,75
Acqua pura a 25 °C	7,0
Acqua deionizzata a 25 °C	5,0-6,0
Saliva umana normale	6,5-7,4
Sangue	7,34-7,45
Acqua di mare	7,7-8,3
Sapone per le mani	9,0-10,0
Ammoniaca domestica	11,5
Varechina	12,5
Lisciva	13,5
Idrossido di sodio 1 M	14,0

- Si definisce **termocromica** una sostanza trasparente soggetta alla modificazione reversibile delle sue proprietà ottiche in funzione della temperatura, attraverso una reazione chimica. Ripristinate le condizioni termiche iniziali, entro le quali è statica la reattività chimica del materiale, la sostanza torna allo stato originario.







PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DEI DISPOSITIVI TERMOCROMICI





La superficie del cemento è stata trattata con **inchiostri termocromici** stampati per serigrafia. Il disegno appare progressivamente solo quando il cemento viene bagnato con acqua o con vapore. Il disegno che appare è il risultato di una reazione reversibile, per cui scompare appena il cemento asciuga

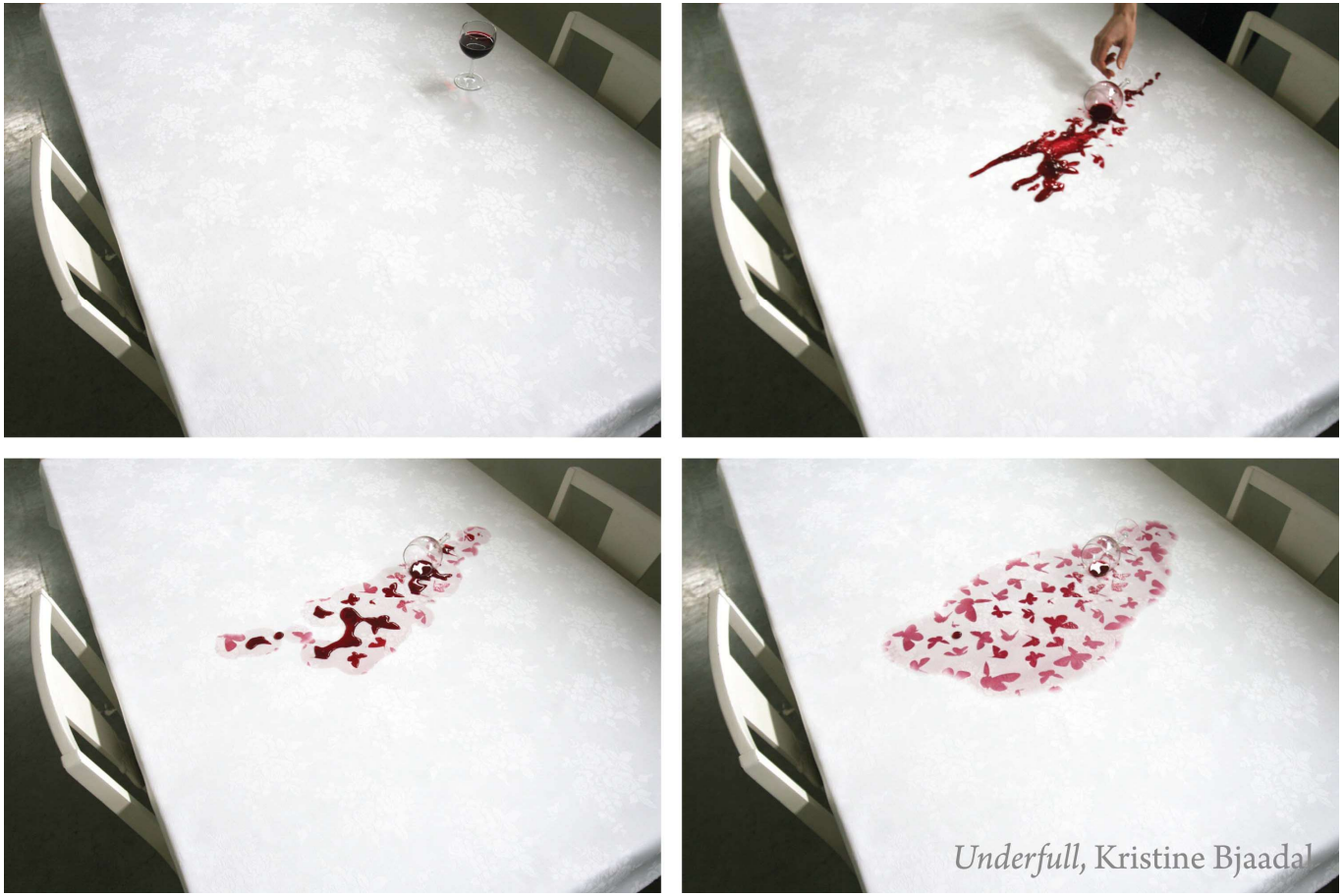
Solid Poetry; una piastrella in cemento che reagisce al contatto con acqua, lasciando apparire, come si vede dalle immagini, una serie di texture floreali (ma le fantasie possono essere personalizzabili in base alle esigenze personali).


Il calore della primavera (o di un termosifone) può far 'sbocciare' i fiori della nostra carta da parati. E' più che tecnologico: Poetico!



I tessili intelligenti, nati come sistemi del tutto passivi cioè capaci solamente di sentire le condizioni ambientali e gli stimoli, ora sono capaci di sentirli, reagire e adattarsi da soli ad essi tanto che oramai si parla di Tessili Ultra Intelligenti. La loro produzione è oggigiorno una realtà a seguito di un'unione positiva tra i tessili tradizionali, la tecnologia di abbigliamento, la scienza dei materiali, la meccanica strutturale, la tecnologia dei sensori e degli attuatori, la tecnologia di sviluppo di processo, le comunicazioni, l'intelligenza artificiale, la biologia e non meno importante il mondo dei coloranti, dai quali derivano molte delle proprietà riconosciute ai tessili intelligenti: dalle proprietà camaleontiche all'effetto fotoelettrico.

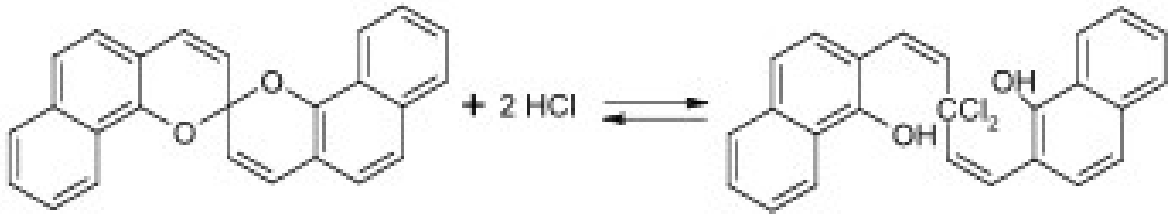
Il colorante, sciolto in un solvente organico, è portato in microcapsule del diametro di 3-4 micron, spalmate come resine a formare un film sottile omogeneo sopra una superficie tessile. Subito dopo il riscaldamento, al punto di fusione della miscela, il sistema acquista o perde colore. Il processo inverso avviene a questa temperatura quando la miscela viene raffreddata. Il cambiamento del colore con la temperatura di questi tessuti viene progettato per adattarsi ad applicazioni, come per esempio, per abbigliamento invernale o per risolvere con un tono di allegro stupore una imbarazzante situazione come il versamento di un calice di vino rosso su una **candida tovaglia**; festose farfalle compaiono "magicamente".



Il termocromismo è una proprietà particolare di alcuni sistemi che modificano il loro colore al variare della temperatura.
Il fenomeno è molto diffuso in parecchi sistemi chimici, sia organici che inorganici.

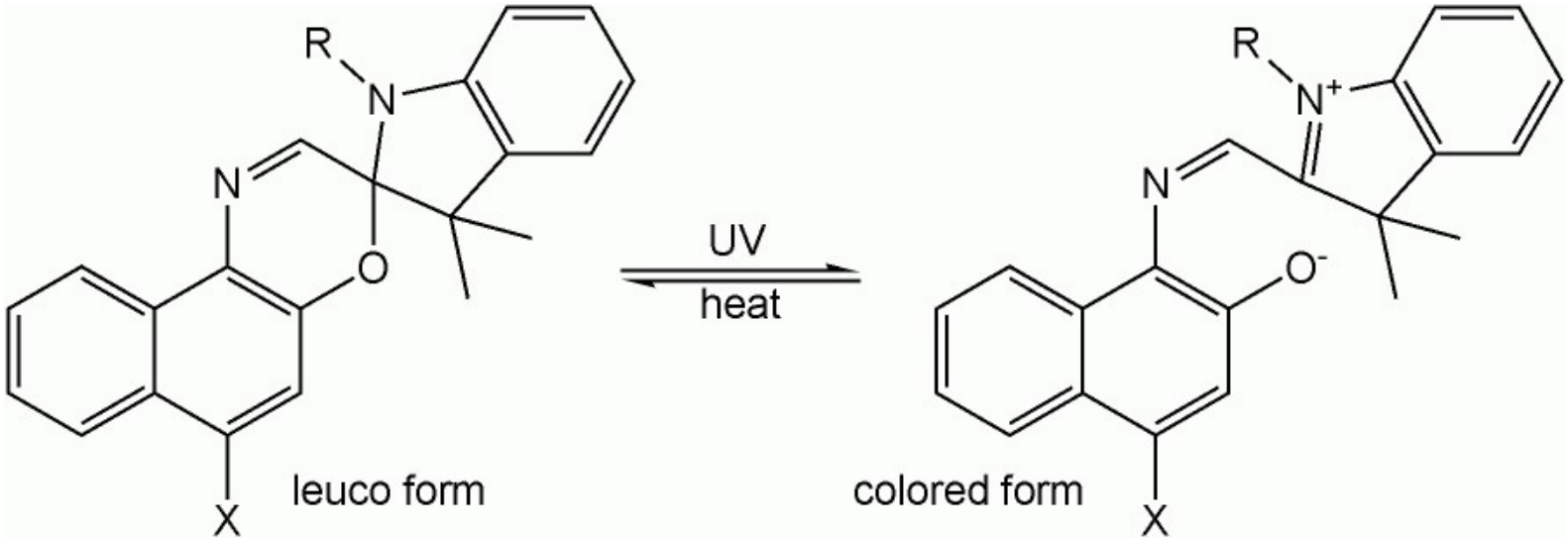
Esso si basa sull'esistenza di un equilibrio chimico fra due *forme* diverse di una molecola, oppure tra strutture cristalline diverse tra loro. Forse è più facile da comprendere il termocromismo nei composti organici.
la molecola rappresentata in figura presenta due forme, in equilibrio tra loro, caratterizzate da colori diversi.

http://bilbo.chm.uri.edu/SST/PolystyreneDemo.mov



Dispositivi fotocromici

Fotocromico è definito il comportamento di un materiale esposto alla luce che assorbendo energia altera le condizioni iniziali di trasparenza e colore ripristinandole gradualmente una volta cessata l'esposizione.



- Funzionamento e applicazioni I materiali fotocromici si basano sul principio del cambiamento cromatico reversibile di alcune sostanze chimiche, poste tra due strati ad assorbimento energetico differente, esposte a un flusso luminoso. Si tratta di materiali in grado di assorbire energia e di variare quindi, per induzione di radiazioni elettromagnetiche, lo spettro cromatico in uscita.

- Alcuni materiali chiamati "sensibilizzatori ottici", esposti a raggi UV diventano "agenti riducenti" ovvero diminuiscono la valenza positiva, o la presenza di ossigeno nei composti dell'Idrogeno, tramite l'aggiunta di elettroni.

- Ad esempio nei vetri che contengono rame e argento la presenza di agenti riducenti fa si che i metalli diventino colloidali assorbendo in questo modo alcune lunghezze d'onda della luce.



Per quanto riguarda l'applicazione in edilizia i materiali fotocromici offrono ottime potenzialità per il futuro. Nel presente sono ancora penalizzati da alcuni problemi tecnico-costruttivi:



- difficoltà ad ottenere una distribuzione uniforme delle sostanze fotocromiche nel vetro;
- perdita graduale della reversibilità nel tempo.

Elettrocromismo

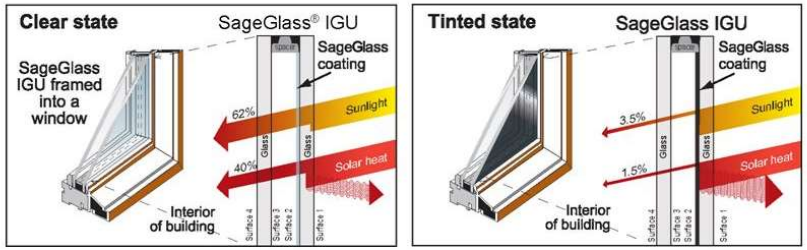
è il cambiamento persistente e reversibile della trasparenza di un materiale mediante la simultanea iniezione o estrazione di piccoli ioni (in genere H^+, Li^+) ed elettroni (e^-) con un impulso di tensione o con tecniche equivalenti.

Come funzionano i vetri Elettrocromici





Dimensioni max 1500x3050 mm
Tempo attivazione 3'÷10'
Garanzia 50.000 ore





Un albero che cambia colore, passando dal fucsia al rosa chiaro fino a diventare bianco e opalino. Si tratta di **OR2**, una installazione realizzata dallo studio **Orproject** dei giovani architetti italiani Francesco Brenta e Laura Micalizzi con il collega Christoph Klemmt. La struttura è stata disegnata per essere installata all'Italian Cultural Institute in occasione del **London Festival of Architecture**, concluso il 4 luglio scorso.

OR² è l'evoluzione di OR, una superficie coprente singola che reagisce alla luce del sole. Gli architetti di Orproject presentavano la prima versione del progetto – un albero blu - al Salone del Mobile del 2008.



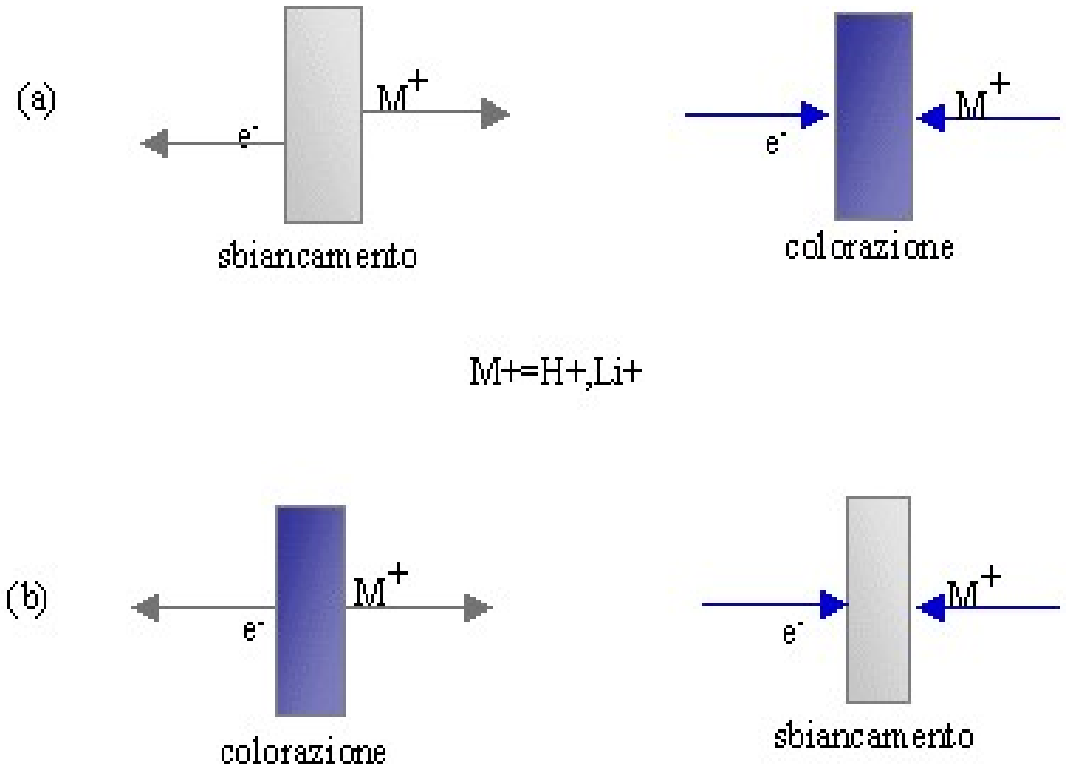
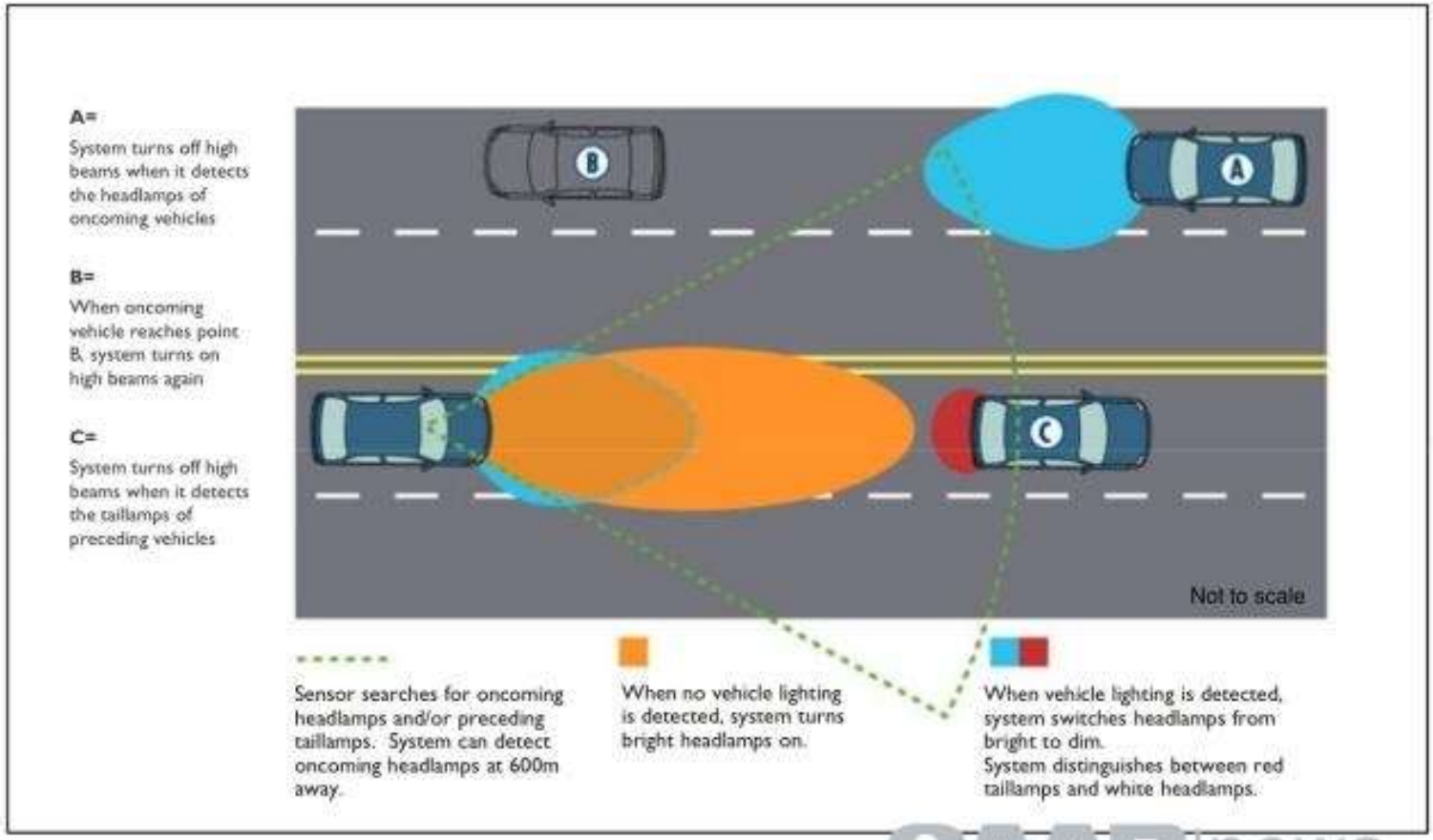


Fig. 1 (a) elettrocromico di tipo catodico (la colorazione avviene per iniezione), (b) elettrocromico di tipo anodico (la colorazione avviene per estrazione)

Bi-xenon SmartBeam – High Beam auto on/off (MY11)



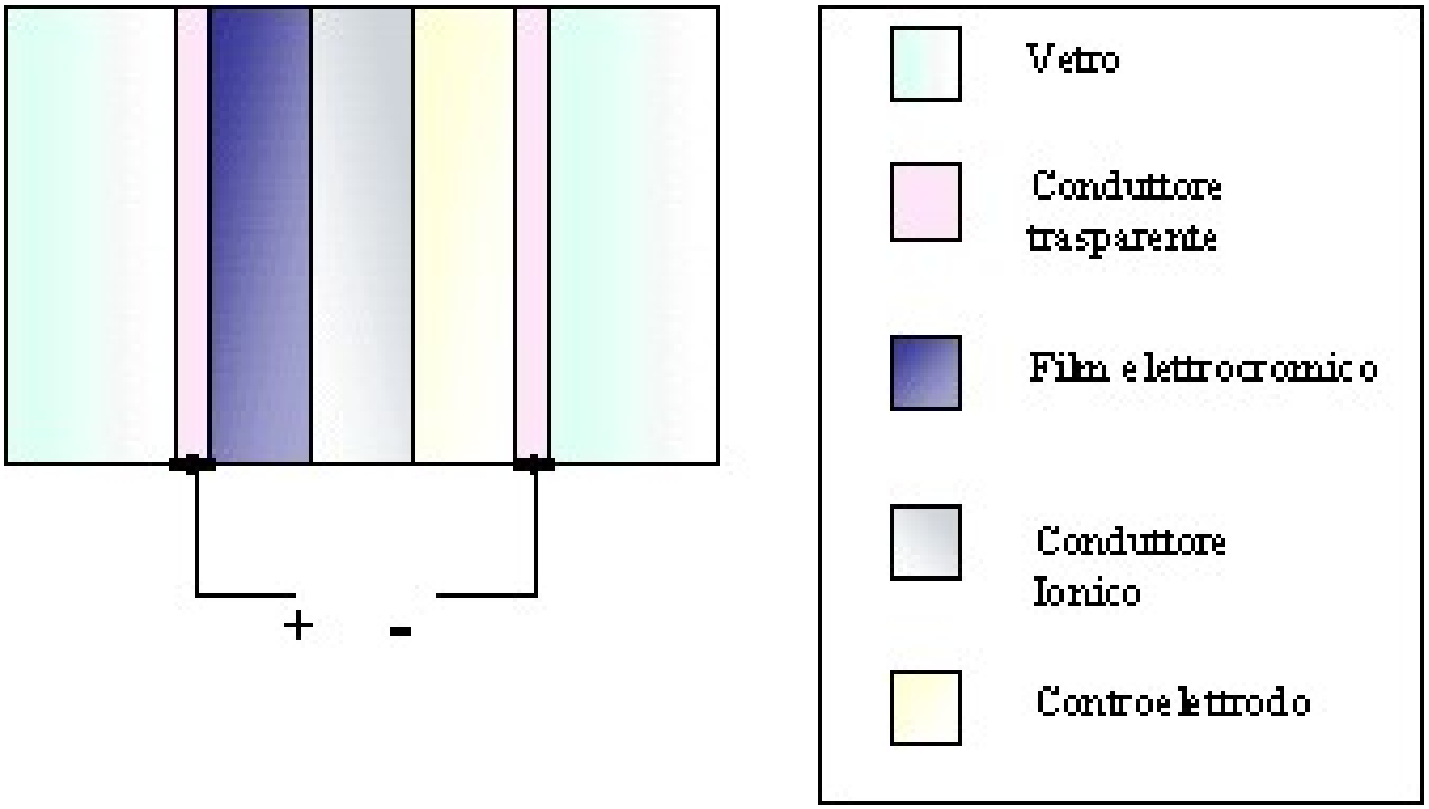
SAABnews

Gli strati terminali sono costituiti da materiale trasparente e conduttore cui viene applicata la tensione di polarizzazione; tra essi vengono inseriti i seguenti tre strati:

il film di materiale elettrocromico (EC);

il controelettrodo (CE), ovvero uno strato di materiale che sia in grado di fornire gli ioni positivi necessari nel processo, che non varia le proprietà ottiche in seguito a estrazione e inserzione di carica;

il conduttore ionico (IC), interposto tra i primi due, ovvero un materiale che consenta il passaggio degli ioni ma non degli elettroni. Quest'ultimo strato, se sufficientemente spesso, è in grado di immagazzinare gli ioni durante la fase di estrazione e può perciò svolgere la funzione di controelettrodo o di serbatoio di ioni, consentendo di omettere il quinto strato e conseguentemente di alleggerire la struttura.


+
-
Vetro
Conduttore trasparente
Film elettrocromico
Conduttore Ionico
Controelettrodo